

С учетом (11) составляем систему уравнений (9), (10) для m – го члена ряда, после приведения которой к симметричному виду и ее решения, определяем прогибы $W(x, y)$, изгибы σ_x^n, σ_y^n и мембранные σ_x^m, σ_y^m напряжения в безразмерной форме по формулам

$$\begin{aligned} W(x, y) &= \sum W_m \sin m\pi x, \\ \sigma_x^n &= 6c\psi[(\alpha_m^2 + 2\mu n^2)W_i - \mu n^2(W_{i+1} + W_{i-1})]\sin m\pi x, \\ \sigma_y^n &= 6c\psi[(2n^2 + \mu\alpha_m^2)W_i - \mu n^2(W_{i+1} + W_{i-1})]\sin m\pi x, \quad (12) \\ \sigma_x^m &= n^2(\Phi_{i+1} - 2\Phi_i + \Phi_{i-1})\sin m\pi x, \\ \sigma_y^m &= \psi^2\alpha_m^2\Phi_i \sin m\pi x. \end{aligned}$$

Действительные величины прогибов и напряжений определяем по формулам:

$$\begin{aligned} \bar{W}_{xy} &= hW(xy) \\ \bar{\sigma}_x^n &= \sigma_x^n \frac{Eh^2}{a^2}; \quad \bar{\sigma}_y^n = \sigma_y^n \frac{Eh^2}{b^2}; \quad (13) \\ \bar{\sigma}_x^m &= \sigma_x^m \frac{Eh^2}{b^2}; \quad \bar{\sigma}_y^m = \sigma_y^m \frac{Eh^2}{a^2}. \end{aligned}$$

Рассмотренная методика позволяет производить оценку НДС пологих цилиндрических оболочек при температурных воздействиях.

Библиографический список

1. Поляков А.А., Артемкин А.А., Житков В.В., Батюшев Э.С. Устройство для очистки наружной поверхности трубопроводов//Авт. свид. №1814934 Б.И. 1993, №1
2. Поляков А.А., Артемкин А.Н., Житков В.В., Батюшев Э.С., Скиба В.Ф., Бирюков Н.М. Способ очистки поверхности трубопроводов//Патент РФ №1668801. Б.И., 1993, №7.
3. Поляков А.А., Житков В.В., Батюшев Э.С. Теория, создание, исследования процессов техники для очистки изоляционных полимерных покрытий с трубопроводов. // Изв. вузов Нефть и газ, 1997 №6 с. 153.
4. Власов В.З. Общая теория оболочек и ее приложения в технике. М.: Гостехиздат, 1949. 784 с.
5. Климанов В.И., Тимашев С.А. Нелинейные задачи подкрепленных оболочек. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1985. 291 с.

АНАЛИЗ ВАРИАНТОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ КОНТАКТНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НЕСУЩЕЙ СТЕНЫ И ФУНДАМЕНТНОЙ ПЛИТЫ МНОГОЭТАЖНОГО ЗДАНИЯ

проф. В.А.ИКРИН, инж. В.П.ХОМЯК, асп. С.А.ПЕЧОРСКАЯ

Южно-Уральский государственный университет

В настоящее время широкое распространение получило строительство многоэтажных зданий. Нередко фундаментами таких зданий служат монолитные железобетонные плиты. Соотношения толщин плиты (до метра) и несущих стен (16 ... 20 см) дают основания считать соизмеримыми их жесткости, определяющие вертикальные перемещения контактных точек. В условиях совместного деформирования от соотношения жесткостей зависит распределение напряжений в местах опирания стен на плиту.

Ниже приведены результаты численного решения задачи о взаимодействии несущей стены с фундаментной плитой (рис. 1) при различных вариантах учета жесткости верхнего строения.

Исходные предпосылки и данные:

– основание винклерово с коэффициентом постели $k_f = 10 \text{ МН/м}^3$;

– фундаментная плита бесконечных размеров в плане линейно деформируемая (модуль упругости $E = 2 \cdot 10^4$ МПа, коэффициент Пуассона $\nu = 0,15$); рассчитаны плиты толщиной $h_p = 0,6$ м, $0,8$ м и 1 м;

– несущая стена с горизонтальными размерами $L_w = 3$ м, и $h_w = 0,2$ м бесконечная по вертикали;

– стена центрально сжата силой $F = 3$ МН.

Условия совместности в зоне контакта стены и фундаментной плиты, отражающие равенства перемещений и сил взаимодействия имеют вид

$$w_w = w_p, q_w = q_p; (1)$$

$$u_w = u_p, v_w = v_p, t_{xw} = t_{xp}, t_{yw} = t_{yp}, (2)$$

где

u и v – горизонтальные перемещения контактных точек по направлениям осей x и y ;

w – вертикальные перемещения контактных точек;

t – горизонтальные силы взаимодействия, параллельные соответственно осям x и y ;

q – вертикальные контактные усилия;

индекс “w” означает принадлежность точки стене, “p” – плите.

Интуитивные представления подсказывают, что совместность вертикальных перемещений и равенства вертикальных сил более влиятельны нежели горизонтальных. По этой причине в проведенном анализе не учитывались требования (2) и исследованы разные варианты реализации условий (1).

Для каждого варианта были разработаны специальные методы, составлены программы и выполнены расчеты на ЭВМ.

Взаимодействие плиты с абсолютно податливой стеной

Простейшей и весьма распространенной предпосылкой в расчетах фундаментных плит является имитация действия стены “гибкой” нагрузкой [1] – давление на плиту равномерно распределено по площади контакта. При таком подходе выполняется второе условие (1) – равенство сил взаимодействия. Однако очевидно, что требование равенства перемещений не соблюдается, так как плита изгибается, нижний же край стены при равномерной нагрузке на него останется прямым. Для количественной оценки возникающей погрешности выполнена серия расчетов. Эпюры контактных напряжений приведены на (рис. 2) и отмечены цифрами 1. Кривые осадок изображены на рис. 4 и также отмечены цифрами 1.

Взаимодействие плиты с абсолютно жесткой стеной

Альтернативной описанной выше является предпосылка об абсолютной жесткости стены,

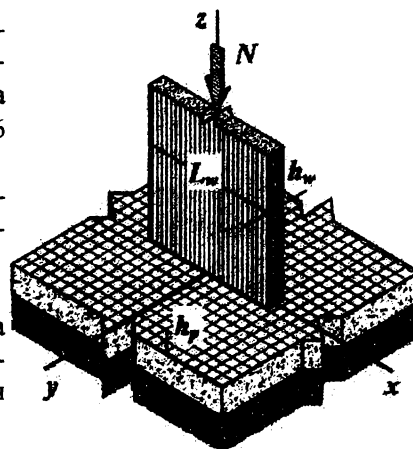


Рис. 1

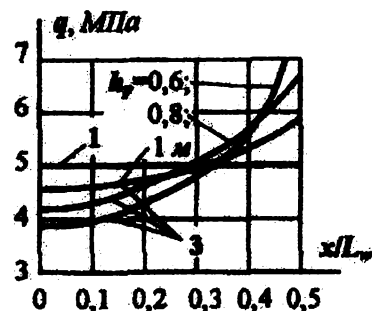


Рис. 2

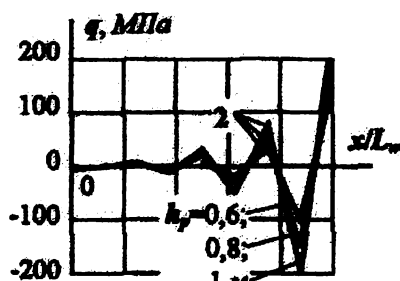


Рис. 3

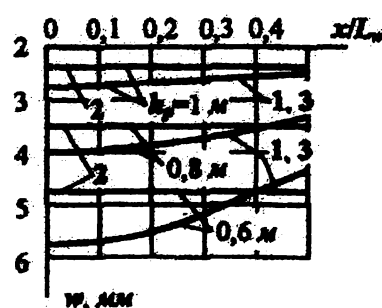


Рис. 4

приводящей к постоянству вертикальных перемещений контактных точек [2]. В этом случае возникает вопрос о реальности сил взаимодействия стены с плитой. Результаты расчетов, основанных на этой предпосылке, проиллюстрированы на рис. 3, 4. На рис. 3 показано, каким должно быть давление на плиту, чтобы линия осадок была прямой (линии отмечены цифрой 2). На рис. 4 изображены эпюры вертикальных перемещений контактных точек (линии 2).

Взаимодействие плиты со стеной конечной жесткости

Выполнить все условия (1) можно, рассматривая стену как деформируемый объект конечной жесткости, определяемой соответствующими геометрическими и механическими параметрами. Одним из путей уточнения картины взаимодействия в зоне контакта является моделирование стены бесконечной вертикальной полосой, нагруженной на нижнем краю нормальным к нему давлением и линейно деформирующейся в условиях плоского напряженного состояния [3].

Расчеты, базирующиеся на такой модели, дали результаты, отмеченные цифрой 3 на рис. 2 (контактные давления) и рис. 4 (осадки; кривые 1 и 3 на рис. 4 практически совпадают).

Проведенный численный анализ дает основания к таким оценкам:

- игнорирование жесткости верхнего строения и имитация его действия “гибкой” нагрузкой позволяет получать достаточно достоверные значения осадок, но не вскрывает концентрации напряжений у краев стены – важного фактора, определяющего прочность материалов;

- предпосылка об абсолютной жесткости верхнего строения приводит к заниженным деформациям плиты (на десятки процентов) и совершенно нереальным силам взаимодействия стены с фундаментом (эпюра контактных напряжений неестественно осциллирует, максимальные напряжения превышают средние значения в десятки раз); по-видимому, это наименее удачный способ отражения жесткости верхнего строения;

- учет деформируемости плиты и стены приводит к более достоверным результатам о напряженно-деформированном состоянии в зоне контакта (обнаруживается эффект концентрации напряжений – на десятки процентов, эпюры напряжений и осадок количественно и качественно правдоподобны); тем не менее наделение материалов свойством линейной упругости оставляет сомнения о величинах напряжений в местах концентрации.

Библиографический список

1. Горбунов-Посадов М.И., Маликова Т.А., Соломин В.И. Расчет конструкций на упругом основании. Изд. 3-е. – М.: Стройиздат, 1984. – 680 с.
2. Икрин В.А., Соломин В.И., Рьжков А.Ю. Расчет фундаментных плит монолитных высотных зданий на неоднородном основании. // Расчет и проектирование оснований и фундаментов в сложных инженерно-геологических условиях: Межвуз. сб. – Воронеж: 1996. – С. 34–39.
3. Разработка методов расчета фундаментных плит на повторно-переменные нагрузки с учетом жесткости верхнего строения и специфики деформирования железобетона: Отчет о НИР (промежуточный) / ЧГТУ; Руководитель В.И.Соломин – Челябинск, 1995. – 48 с.: отв. исполн. В.А.Икрин.